

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
26 février 2004 (26.02.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/017477 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H01S 5/0625, 5/10, 5/22

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/002274

(22) Date de dépôt international : 18 juillet 2003 (18.07.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/10083 8 août 2002 (08.08.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : ALCA-
TEL [FR/FR]; 54, rue la Boétie, F-75008 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : DUAN,
Guang-Hua [FR/FR]; 31, rue Chateaubriand, F-92290

Chatenay Malabry (FR). BRILLOUET, François
[FR/FR]; 57, rue des Sablons, F-92140 Clamart (FR).
POMMEREAU, Frédéric [FR/FR]; 2, Grande Rue,
Les Pastoureaux-Bâtiment A, F-91510 Lardy (FR).
LEGOUEZIGOU, Lionel [FR/FR]; 21, voie des Sources,
F-91530 Le Val Saint Germain (FR). HUBERT, Sarah
[FR/FR]; Résidence du Parc Pierre, Esc. U, F-91700
Sainte Geneviève des Bois (FR).

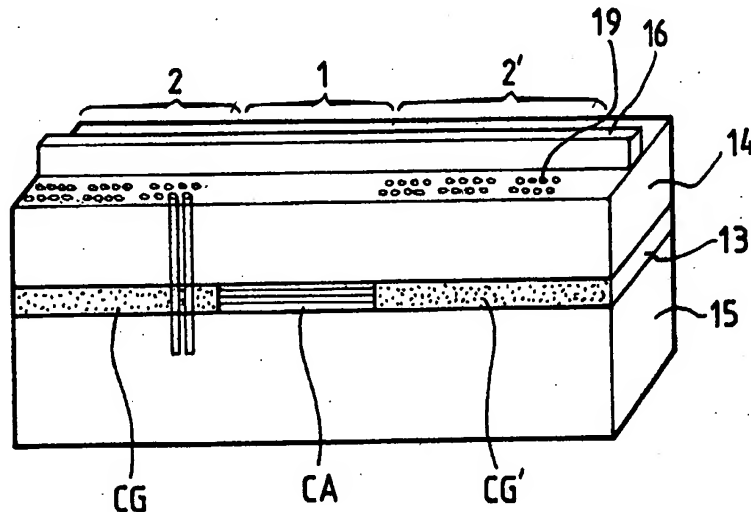
(74) Mandataire : HARRIS, Ian; Dyoung and Co., Briton
House, Briton Street, Southampton SO14 3EB (GB).

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: WIDELY TUNABLE LASER ON PHOTONIC CRYSTAL

(54) Titre : LASER LARGEMENT ACCORDABLE SUR CRISTAL PHOTONIQUE



(57) Abstract: The invention concerns a semiconductor laser structure comprising a light guiding core (13) arranged between a lower confinement layer (15) and an upper confinement layer (14) including an etched stripe (16) charging the core to form an optical guide, the guide core including an amplifying section (1) delimited by two reflectors forming a resonant cavity enabling selection of a laser mode whereof the wavelength is tunable. The invention is characterized in that at least one reflector consists of a photonic crystal section (2) consisting of at least one pair of arrays of holes (19) arranged on either side of the guide stripe (16) each array of holes (19) of the photonic crystal section having holes forming a trapezium, the large base of the trapezium being further from the stripe than the small base.

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/017477 A1



(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Structure laser à semi-conducteur comprenant un cœur de guidage (13) de la lumière disposé entre une couche de confinement inférieure (15) et une couche de confinement supérieure (14) comportant un ruban gravé (16) chargeant le cœur pour former un guide optique, le cœur de guidage comprenant une section amplificatrice (1) délimitée par deux réflecteurs formant une cavité résonnante permettant la sélection d'un mode laser dont la longueur d'onde est accordable, caractérisée en ce qu'au moins un réflecteur est constitué d'une section de cristal photonique (2) composée d'au moins une paire de réseaux de trous (19) disposés de part et d'autre du ruban de guidage (16), chaque réseau de trous (19) de la section de cristal photonique présentant des trous disposés en trapèze, la grande base du trapèze étant plus éloignée du ruban de guidage que la petite base.

4/PCT

10/523889
DT01 Rec'd PCT/FR 04 FEB 2005**LASER LARGEMENT ACCORDABLE SUR CRISTAL PHOTONIQUE**

La présente invention concerne le domaine des structures laser accordables.

On utilise couramment des diodes lasers comme sources accordables dans le cadre d'applications à la transmission optique de données. Dans un tel contexte, il est important de parvenir à une grande accordabilité, c'est-à-dire une grande gamme de longueur d'onde d'émission du laser, sans craindre les sauts de mode qui nuisent à la qualité de la transmission optique.

Il existe plusieurs types de lasers accordables connus, dont les lasers dits à réflecteurs distribués, communément appelés laser DBR (de l'anglais, Distributed Bragg Reflector). Un tel laser accordable « standard » est illustré sur la figure 1.

Il s'agit d'un composant semi-conducteur monolithique typiquement composé d'une section amplificatrice 1, dite "active", couplée à une section d'accord dite "de Bragg" 2. Optionnellement, une section dite "de phase" 3 peut être disposée entre les sections active 1 et de Bragg 2.

La section active 1 présente une structure verticale classiquement constituée d'une couche active amplificatrice CA disposée entre deux couches de gaine 4, 5 de dopages opposés. Cette couche active CA est habituellement composée d'une succession de puits quantiques séparés par des couches formant barrières de potentiel. Des électrodes supérieure 6 et inférieure 7 permettent une injection de courant I_0 au travers de ces couches de façon à produire un effet d'amplification optique.

La section de Bragg 2 est une section réfléchissante présentant un maximum de réflectivité pour au moins une valeur de longueur d'onde de réflexion. Une de ses extrémités est donc couplée à la section active 1. Elle présente une structure verticale constituée d'une couche guidante CG homogène (dite "massive" ou "bulk" en anglais) disposée entre deux couches de gaine 4, 5. En outre, un réseau 8 est situé dans une des couches de gaine au voisinage de la couche guidante et forme le long du guide une alternance périodique de matériaux d'indices différents. Ce réseau 8 est conçu pour constituer un réflecteur sélectif en longueur d'onde présentant au moins un pic principal de réflectivité, c'est-à-dire une longueur d'onde de réflexion maximale. Cette longueur d'onde, dite "de Bragg" λ_B , est déterminée par le pas du réseau Λ et l'indice effectif n_B de la couche guidante CG, selon la formule classique $\lambda_B = 2\Lambda.n_B$.

La face externe 9 de la section active 1 constitue un réflecteur non sélectif en longueur d'onde et forme avec la section de Bragg 2 une cavité résonante de Fabry-Pérot contenant la section active 1.

Selon un premier type de laser, la puissance laser créée dans la cavité est
5 extraite essentiellement par cette face externe 9 qui est dite alors "face avant". Elle est rendue semi-réfléchissante au moyen d'une couche anti-reflet appropriée. Typiquement sa réflectivité est de l'ordre de 1,5 à 5% de façon à permettre à la fois l'oscillation laser et une émission à l'extérieur du composant de l'onde laser créée. L'extrémité de la section de Bragg qui n'est pas couplée à la section active constitue
10 une seconde face externe 10 du composant, dite "face arrière", et pour éviter la formation de modes parasites, celle-ci est rendue fortement anti-réfléchissante.

Selon un autre type de laser, la puissance laser créée dans la cavité peut être extraite essentiellement par l'extrémité de la section de Bragg qui n'est pas couplée à la section active. Cette extrémité devient alors une face avant ou est
15 couplée à d'autres sections intégrées au composant, telles que photodétecteur, amplificateur, modulateur. Dans ce cas, la face externe 9 de la section active 1 devient une face arrière qui peut être fortement réfléchissante, typiquement avec une réflectivité supérieure à 90 %.

Dans tous les cas, l'oscillation laser est possible pour un ensemble de modes
20 résonants longitudinaux (modes Fabry-Pérot) dont les longueurs d'onde sont imposées par la longueur optique de la cavité. Une oscillation se produira selon l'un de ces modes en cas d'accord suffisant entre sa longueur d'onde et la longueur d'onde de Bragg λ_B .

Pour réaliser une source accordable en longueur d'onde, il suffit de pouvoir
25 modifier la longueur d'onde de Bragg λ_B . Pour cela, la couche guidante CG de la section de Bragg doit être composée d'un matériau transparent sur toute la gamme de longueurs d'onde de fonctionnement et présenter un indice effectif n_b pouvant varier en fonction d'une commande. Le matériau est par exemple un milieu actif choisi pour que son indice dépende de la densité de porteurs qu'il contient. La
30 couche guidante CG est alors disposée entre les deux couches de gaine 4, 5 de dopages opposés et la section de Bragg comporte une électrode supérieure 11 coopérant avec l'électrode inférieure 7 précitée pour permettre une injection d'un courant électrique de commande I_b dans la couche guidante CG.

Ainsi, en réglant le courant I_b , on peut ajuster la longueur d'onde de Bragg λ_B à une valeur proche d'une longueur d'onde sélectionnée parmi celle des modes Fabry-Pérot de la cavité et par conséquent faire osciller le laser avec cette longueur d'onde choisie.

5 Un ajustement plus fin de la longueur d'onde d'oscillation peut par ailleurs être réalisée par un réglage de la température du composant. En agissant sur la température, on peut ajuster les indices des couches guidantes de la cavité et donc sa longueur optique, ce qui a pour effet de décaler le peigne de longueurs d'onde des modes Fabry-Pérot.

10 Une autre solution, telle qu'illustrée sur la figure 1, permettant d'ajuster plus facilement la longueur d'onde d'oscillation consiste à prévoir une section de phase 3 indépendante. Selon l'exemple représenté, la section de phase 3 prolonge la section de Bragg en direction de la section active 1, avec une structure verticale identique mais où le réseau de Bragg est absent. Elle comporte aussi une électrode supérieure
15 12 coopérant avec l'électrode inférieure 7 du composant pour permettre une injection de courant électrique I_p dans la couche guidante CG. Ainsi, en agissant sur le courant électrique I_p injecté, on modifie la longueur optique de la cavité, ce qui décale le peigne de longueurs d'onde des modes Fabry-Pérot sans influencer la longueur d'onde de Bragg λ_B .

20 Le fonctionnement d'un laser accordable d'un type décrit ci-dessus sera donc déterminé par trois paramètres : le courant I_a injecté dans la section active 1, le courant I_b injecté dans la section de Bragg 2 et le courant I_p injecté dans la section de phase 3, ou à défaut de section de phase, la température.

En pratique, on impose une émission laser de puissance fixée et de longueur
25 d'onde sélectionnable parmi une grille normalisée. Pour chaque longueur d'onde sélectionnable, les valeurs des trois paramètres I_a , I_b , I_p doivent en outre être choisies de sorte que le laser présente un fonctionnement monomode. Un paramètre représentatif de ce fonctionnement est appelé le "taux de réjection des modes secondaires" ou en abrégé "SMSR" (de l'anglais "Side Mode Suppression Ratio"). Le
30 SMSR est défini comme le rapport de la puissance du mode oscillant principal à celle du mode oscillant secondaire de plus forte puissance (voisin du mode principal). Pour assurer une qualité voulue de transmission, on impose une valeur minimale à ce rapport généralement exprimé en décibels, par exemple 35 dB.

La figure 2 montre une courbe représentative des variations de la longueur d'onde λ du mode oscillant principal de la cavité en fonction du courant I_b (exprimé en mA) injecté dans la section de Bragg. La longueur d'onde de Bragg λ_B étant une fonction décroissante de ce courant I_b , on vérifie que la longueur d'onde λ décroît
5 lorsque I_b croît. Par ailleurs, les sauts de modes se manifestent par des discontinuités de la courbe. Chaque longueur d'onde sélectionnable $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_q$, est comprise entre deux valeurs de longueurs d'onde de Bragg consécutives. Par exemple, la sélection d'un mode donné peut être obtenue en fixant la longueur d'onde de Bragg entre deux valeurs $\lambda_{B1}, \lambda_{B2}$ correspondant respectivement à des sauts de mode,
10 lesquels correspondent sur la courbe à des valeurs particulières, par exemple I_{b1} et I_{b2} , du courant de Bragg I_b .

Ainsi, en faisant varier le courant de commande I_b de la section de Bragg, il est possible de sélectionner la longueur d'onde d'émission du laser et par conséquent d'accorder le laser. Classiquement, un laser DBR tel qu'illustré sur la figure 1, permet
15 d'atteindre une accordabilité de l'ordre de 15nm.

Pour augmenter la plage d'accordabilité, on peut envisager de disposer la section active entre deux sections de Bragg comportant chacune un réseau sélectif en longueur d'onde. Un tel laser, illustré sur la figure 3, est connu sous le nom de SG-DBR (de l'anglais Sample Grating-Distributed Bragg Reflector) et présente la même
20 structure qu'un laser DBR tel que précédemment décrit mais comporte deux sections de Bragg 2 et 2' couplées à chaque extrémité de la section active 1.

Comme illustré sur la figure 4, chaque section de Bragg 2 et 2' va produire un peigne de pics de réflexion, chaque pic correspondant à une longueur d'onde d'émission sélectionnable (figures 4a et 4b). Dans le cas d'un laser SG-DBR, un des
25 pics de la première section de Bragg 2 va coïncider avec un pic de la deuxième section de Bragg 2', et une oscillation laser se produira pour le mode de Fabry-Pérot dont la longueur d'onde est la plus proche du pic de coïncidence (figure 4c). Une commande en courant d'une des sections de Bragg 2, 2' déplace un des peignes et fait varier la longueur d'onde d'émission du laser par effet Vernier. Classiquement,
30 un laser SG-DBR, tel qu'illustré sur la figure 3, permet d'atteindre une accordabilité de l'ordre de 40nm.

Un laser SG-DBR offre une plage d'accordabilité intéressante mais limitée par la forme de l'enveloppe des pics de réflexion qui est typiquement un sinus

cardinal. Cette forme de l'enveloppe des pics de réflexion a comme conséquence que la puissance émise par le laser accordable n'est pas constante selon le mode d'émission sélectionné.

La figure 5 illustre schématiquement un laser DBR, tel que précédemment décrit, intégré avec un modulateur à électro-absorption, communément appelé ITLM (de l'anglais « Integrated Tunable Laser Modulator»). Un tel composant trouve principalement des applications au multiplexage en longueur d'onde (WDM).

Un composant ITLM comprend, en outre des sections amplificatrice 1 et d'accord 2 du laser, une section de modulation 21. La section de modulation 21 présente une structure verticale classiquement constituée d'une couche active absorbante CA', par exemple composée de puits quantiques ou d'un matériau massif. La longueur d'onde correspondant au pic de photoluminescence de cette couche CA' est environ 50nm plus bas que la longueur d'onde d'émission du laser. La section de modulation 21 comporte également une électrode supérieure coopérant avec l'électrode inférieure pour permettre l'application d'une tension de commande sur la couche absorbante CA' afin de faire varier le coefficient d'absorption du signal optique et produire une modulation d'amplitude.

La puissance de sortie d'un composant ITLM classique est cependant limitée par une forte réflexion de la section d'accord 2. En effet, la section d'accord est relativement longue (typiquement supérieure à 250µm) afin de permettre une bonne sélectivité fréquentielle et garantir un bon SMSR tel que défini précédemment. Cela entraîne cependant un coefficient de réflexion en puissance dans la section d'accord relativement fort, de l'ordre de 0.3dB.

En outre, la puissance de sortie d'un composant ITLM classique n'est pas constante en fonction du mode d'émission du laser sélectionné.

L'objectif de la présente invention est de proposer une structure laser présentant une plage d'accordabilité accrue avec une variation de puissance faible sur toute la plage d'accordabilité.

A cet effet, l'invention propose de remplacer les réseaux de Bragg des sections d'accord du laser par des réflecteurs constitués de cristaux photoniques particuliers. L'invention présente aussi l'avantage d'un procédé de fabrication simplifié car il ne nécessite qu'une seule étape d'épitaxie.

Plus particulièrement, la présente invention se rapporte à une structure laser à semi-conducteur comprenant un cœur de guidage de la lumière disposé entre une couche de confinement inférieure et une couche de confinement supérieure comportant un ruban de guidage gravé chargeant le cœur pour former un guide
5 optique, le cœur de guidage comprenant une section amplificatrice délimitée par deux réflecteurs formant une cavité résonnante permettant la sélection d'un mode laser dont la longueur d'onde est accordable, caractérisée en ce qu'au moins un réflecteur est constitué d'une section de cristal photonique composée de paires de réseaux de trous disposés de part et d'autre du ruban de guidage, chaque réseau de
10 trous de la section de cristal photonique présentant des trous disposés en trapèze, la grande base du trapèze étant plus éloignée du ruban de guidage que la petite base.

Selon une caractéristique, le réflecteur constitué d'une section de cristal photonique est composée de paires échantillonnées de réseaux de trous disposés de part et d'autre du ruban de guidage.

15 Selon une caractéristique, l'échantillonnage des paires de réseaux de trous est constant.

Selon un mode de réalisation, les deux réflecteurs sont constitués d'une section de cristal photonique composée de paires échantillonnées de réseaux de trous, l'échantillonnage des paires de réseaux de trous de chaque section de cristal
20 photonique étant différent.

Selon les modes de réalisation, le pas des réseaux de trous est constant ou variable.

Selon une application, la structure selon l'invention comprend en outre une section de modulation, le réflecteur disposé entre les sections amplificatrice et de
25 modulation étant constitué d'une section de cristal photonique composée d'au moins une paire de réseaux de trous disposés de part et d'autre du ruban de guidage.

Les particularités et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, donnée à titre d'exemple illustratif et
30 non limitatif, et faite en référence aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1, déjà décrite, est un schéma d'un laser accordable DBR connu de l'art antérieur ;

- la figure 2, déjà décrite, est une courbe illustrant les variations de la longueur d'onde d'émission du laser de la figure 1 en fonction du courant injecté dans la section de Bragg ;
- la figure 3, déjà décrite, est un schéma d'un laser accordable SG-DBR
5 connu de l'art antérieur ;
- les figures 4a à 4c, déjà décrites, illustrent le principe de fonctionnement de l'émission d'un laser de la figure 3 ;
- la figure 5, déjà décrite, est un schéma d'un laser-modulateur intégré ITLM connu de l'art antérieur ;
- 10 - la figure 6 est un schéma d'un laser monomode à cristaux photoniques connu de l'art antérieur ;
- la figure 7 est un schéma d'un laser accordable selon l'invention ;
- les figures 8a à 8c illustrent différents modes de réalisation des sections de cristal photonique du laser de la figure 7 ;
- 15 - la figure 9 est un schéma d'un laser accordable intégré à un modulateur selon l'invention ;
- les figures 10a à 10c illustrent le principe de fonctionnement de l'émission d'un laser selon l'invention .

20 Selon l'invention, un laser accordable est réalisé. L'accordabilité du laser est obtenue de manière classique en sélectionnant un mode de Fabry-Pérot dans une cavité laser définie par une section active encadrée par deux réflecteurs dont au moins un est sélectif en longueur d'onde. Selon l'invention, au moins un réflecteur est constitué de cristaux photoniques particuliers .

25 La notion de cristal photonique, ou composant optique à bande interdite photonique (BIP), est apparue récemment. Le premier composant de ce type fut réalisé par Eli Yablonovitch en 1991. Typiquement, un tel composant est constitué d'un matériau massif diélectrique, par exemple un semi-conducteur III-V, induant une distribution de motifs, dits « trous », régulièrement espacés. Les trous sont
30 généralement de l'air mais peuvent être composés d'un autre matériau diélectrique, distinct du matériau massif, d'indice de réfraction inférieur à celui du matériau massif. Dans un composant photonique à trois dimensions, les motifs, ou trous,

présentent généralement la forme de billes, et dans un composant photonique à deux dimensions, les motifs présentent généralement la forme de cylindres.

La disposition régulière des trous dans le matériau massif permet d'assimiler un tel composant à un cristal, baptisé cristal photonique. Une telle structure 5 périodique entraîne la création d'une ou de plusieurs bandes photoniques interdites encadrées par des bandes d'énergie permises, de façon analogue à la structure électronique d'un cristal semi-conducteur.

Dans un composant photonique, la position de la bande photonique interdite est déterminée par l'espacement entre les trous, c'est-à-dire le pas, et la 10 largeur de cette bande photonique est étroitement liée au taux de remplissage des trous dans le matériau massif (connu comme « air filing » en terminologie anglaise), c'est-à-dire dépend du diamètre desdits trous. Ainsi, il est possible de réaliser un composant optique photonique qui soit totalement réflecteur dans une bande spectrale donnée.

15 Les composants photoniques font l'objet de nombreuses applications et expérimentations pour la transmission, l'émission ou la détection de signaux optiques. En particulier, ils constituent des filtres quasiment parfaits.

Ainsi, il a été envisagé de réaliser une structure laser utilisant des cristaux 20 photoniques comme réflecteur d'une cavité de Fabry-Pérot. La publication « Single mode operation of 2D photonic crystal based short coupled cavities lasers », Applied Physics Letters, Vol 79, N°25, PP 4091-4093, 2001, décrit une structure laser dont la cavité est délimitée par des miroirs « photoniques ». Une telle structure est illustrée sur la figure 6.

25 Une structure de guide optique en ruban, connue sous le terme de « ridge waveguide » en anglais est réalisée. Une telle structure comporte un cœur optique 13 de guidage de la lumière composé d'un matériau amplificateur et disposé entre deux couches de gaine 14, 15. Un ruban 16 est réalisé dans la couche de gaine supérieure 14 pour charger le cœur 13 et former un guide optique.

30 La structure décrite dans cette publication comporte une double cavité laser délimitée d'une part par un miroir arrière 17 de forte réflectivité constitué d'un réseau de trous formant un cristal photonique et d'autre part par une facette clivée 9 et par un miroir interne 18 constitué d'une section de cristaux photoniques composée d'une

paire de réseaux de trous disposés latéralement de part et d'autre du ruban de guidage 16. La structure laser ainsi définie émet un unique mode dû au couplage des deux cavités laser précédemment définies.

5 Selon l'invention, une structure laser accordable est réalisée comportant au moins un réflecteur sélectif en longueur d'onde et au moins un réflecteur constitué d'une section de cristaux photoniques, ladite section photonique pouvant constituer ledit réflecteur sélectif en longueur d'onde. Une telle structure est illustrée schématiquement sur la figure 7.

10 La structure laser selon l'invention est un composant semi-conducteur comportant un cœur optique 13 de guidage de la lumière disposé entre deux couches de gaine 14, 15 de dopage opposé. Le cœur optique 13 présente une section amplificatrice, dite active 1, couplée à au moins une section passive comportant un réflecteur sélectif en longueur d'onde, dite d'accord 2. Le cœur
15 optique est composé d'un matériau amplificateur CA sur la section active 1 et d'un matériau homogène CG sur la ou les section(s) d'accord 2. Un ruban 16 est en outre gravé sur la couche de gaine supérieure 14 pour charger le cœur 13 et former un guide optique, connu sous le terme anglo-saxon classique de « ridge waveguide ». Des électrodes supérieures sont disposées au-dessus de chaque section et coopèrent
20 avec une électrode inférieure conformément à ce qui a été décrit en référence à l'art antérieur.

 Au moins un réflecteur est constitué d'une section de cristal photonique composée d'au moins une paire de réseaux de trous 19. Les trous de chaque réseau 19 s'étendent à travers la couche de gaine supérieure 14 et la couche guidante 13
25 jusque dans la couche de gaine inférieure 15. Les réseaux de trous 19 de chaque paire sont disposés respectivement de part et d'autre du ruban de guidage 16.

 Selon l'invention et comme illustré sur les figures 8a à 8c, chaque réseau de trous 19 de la section de cristal photonique présente un arrangement des trous en trapèze, la grande base du trapèze étant plus éloignée du ruban de guidage 16 que
30 la petite base. Selon une variante, l'arrangement en trapèze peut être un triangle.

 Plusieurs configurations sont envisageables pour l'arrangement des réseaux de trous 19 et dépendent de la maille choisie (triangulaire, carré, ou autre), du pas et

de l'ordre de diffraction du réseau. Le pas de chaque réseau peut être constant ou variable selon les applications.

Selon une caractéristique avantageuse, c'est le réflecteur de la section d'accord qui est constitué d'une section de cristal photonique. Les paires de réseaux
5 de trous 19 sont alors échantillonnées. Cette disposition qui implique que le réflecteur présente plusieurs pics de réflexion autorise une plage d'accordabilité accrue. En outre, dans le cas où deux sections d'accord 2, 2' seraient réalisées de part et d'autre de la section active 1, l'échantillonnage n'est pas identique sur les deux sections.

10 Avantageusement, la structure laser selon l'invention peut comporter deux sections d'accords 2, 2'. Chaque section d'accord 2, 2' composée de cristaux photoniques échantillonnés crée un peigne de pics de réflexion, selon le même principe que les sections de Bragg des lasers précédemment décrits. En effet, chaque réseau de trous 19 va créer une modulation d'indice locale périodique et
15 l'échantillonnage desdits réseaux de trous 19 par paires de part et d'autre du ruban de guidage 16 va engendrer une modulation à une échelle de l'ordre de quelques centaines de microns.

Comme illustré sur les figures 10, l'enveloppe du peigne d'émission des sections d'accord selon l'invention est beaucoup plus plate due, du fait d'un
20 arrangement approprié des trous dans chaque réseau 19, en trapèze tel que précédemment défini. Un tel arrangement des trous permet d'obtenir un peigne de pics de réflexion quasi uniforme. De ce fait, la plage d'accordabilité est accrue et les variations de puissance selon les longueurs d'onde d'émission sont réduites.

25 La figure 9 illustre une application de l'invention aux composants ITLM, dans le domaine de source intégrant un laser accordable et un modulateur à électro-absorption.

La structure laser selon l'invention, telle que précédemment décrite, comprend alors en outre une section de modulation 21. Le réflecteur disposé entre
30 les sections amplificatrice 1 et de modulation 21 est avantageusement constitué d'une section de cristal photonique composée d'au moins une paire de réseaux de trous 19 disposés de part et d'autre du ruban de guidage 16. Cette section de cristal photonique forme une cavité optique avec la section d'accord 2, qui peut être

constituée d'un réseau de Bragg classique 8 ou d'une section de cristal photonique composée de paires de réseaux de trous telle que précédemment définis.

La section d'accord 2 doit être suffisamment longue (typiquement supérieure à $250\mu\text{m}$) pour permettre une bonne sélectivité modale, alors que les réseaux de
5 trous ne s'étendent que sur une très faible longueur (de quelques microns à quelques dizaines de microns). L'arrangement du réseau de trous en trapèze permet notamment de garantir un coefficient de réflexion faible (de l'ordre de quelque pourcents) qui varie peu avec la longueur d'onde sélectionnée. Il est ainsi possible
10 d'obtenir un composant ITLM de forte puissance d'émission sur une large zone d'accordabilité fréquentielle. En principe, dans cette application, les réseaux de trous n'ont pas à être échantillonnés.

REVENDICATIONS

1. Structure laser à semi-conducteur comprenant un cœur de guidage (13) de la lumière disposé entre une couche de confinement inférieure (15) et une couche de confinement supérieure (14) comportant un ruban de guidage gravé (16)
5 chargeant le cœur pour former un guide optique, le cœur de guidage comprenant une section amplificatrice (1) délimitée par deux réflecteurs formant une cavité résonnante permettant la sélection d'un mode laser dont la longueur d'onde est accordable, caractérisée en ce qu'au moins un réflecteur
10 est constitué d'une section de cristal photonique composée d'au moins une paire de réseaux de trous (19) disposés de part et d'autre du ruban de guidage (16), chaque réseau de trous (19) de la section de cristal photonique présentant des trous disposés en trapèze, la grande base du trapèze étant plus éloignée du ruban de guidage que la petite base.
2. Structure laser selon la revendication 1, caractérisée en ce que le réflecteur
15 constitué d'une section de cristal photonique (2) est composée de paires échantillonnées de réseaux de trous (19) disposés de part et d'autre du ruban de guidage (16).
3. Structure laser selon la revendication 2, caractérisée en ce que l'échantillonnage des paires de réseaux de trous (19) est constant.
- 20 4. Structure laser selon la revendication 2, caractérisée en ce que les deux réflecteurs sont constitués d'une section de cristal photonique (2, 2') composée de paires échantillonnées de réseaux de trous (19), l'échantillonnage des paires de réseaux de trous (19) de chaque section de cristal photonique (2, 2') étant différent.
- 25 5. Structure laser selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que le pas des réseaux de trous (19) est constant.
6. Structure laser selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que le pas des réseaux de trous (19) est variable.
7. Structure laser selon la revendication 1, caractérisée en ce que ladite structure
30 comprend en outre une section de modulation (21), le réflecteur disposé entre les sections amplificatrice (1) et de modulation (21) étant constitué d'une section de cristal photonique composée d'au moins une paire de réseaux de trous (19) disposés de part et d'autre du ruban de guidage (16).

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT 03/02274

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01S5/0625 H01S5/10 H01S5/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01S G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HAPP T D ET AL: "SINGLE-MODE OPERATION OF COUPLED-CAVITY LASERS BASED ON TWO-DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTALS" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, NEW YORK, US, vol. 79, no. 25, 17 December 2001 (2001-12-17), pages 4091-4093, XP001091934 ISSN: 0003-6951 cited in the application page 4091; figure 1	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 08, 5 August 2002 (2002-08-05) & JP 2002 098917 A (HAMAMATSU PHOTONICS KK), 5 April 2002 (2002-04-05) abstract; figure 1	1



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 December 2003

Date of mailing of the international search report

23/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marani, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/03/02274

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RENNON S ET AL: "COMPLEX COUPLED DISTRIBUTED-FEEDBACK AND BRAGG-REFLECTOR LASERS FOR MONILITHIC DEVICE INTEGRATION BASED ON FOCUSED-ION-BEAM TECHNOLOGY" IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, US, vol. 7, no. 2, March 2001 (2001-03), pages 306-311, XP001108223 ISSN: 1077-260X page 306-309; figures 1,8	1
A	WO 01 18919 A (COLDREN LARRY A ;FISH GREGORY (US); UNIV CALIFORNIA (US); MASON TH) 15 March 2001 (2001-03-15) abstract; figures 1,2 page 4, line 4 -page 6, line 8	1-7
A	CA 2 314 406 A (SAJEEV, JOHN (CA); BUSCH, KURT (DE)) 24 January 2002 (2002-01-24) abstract page 25	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

nation on patent family members

International Application No

PCT/03/02274

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2002098917	A	05-04-2002	AU 9027801 A EP 1321794 A1 WO 0227383 A1	08-04-2002 25-06-2003 04-04-2002
WO 0118919	A	15-03-2001	AU 766362 B2 AU 7471300 A CA 2381766 A1 CN 1372710 T EP 1218973 A1 JP 2003509851 T WO 0118919 A1	16-10-2003 10-04-2001 15-03-2001 02-10-2002 03-07-2002 11-03-2003 15-03-2001
CA 2314406	A	24-01-2002	CA 2314406 A1	24-01-2002

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PC 03/02274

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01S5/0625 H01S5/10 H01S5/22

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01S 602B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	HAPP T D ET AL: "SINGLE-MODE OPERATION OF COUPLED-CAVITY LASERS BASED ON TWO-DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTALS" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 79, no. 25, 17 décembre 2001 (2001-12-17), pages 4091-4093, XP001091934 ISSN: 0003-6951 cité dans la demande page 4091; figure 1	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 08, 5 août 2002 (2002-08-05) & JP 2002 098917 A (HAMAMATSU PHOTONICS KK), 5 avril 2002 (2002-04-05) abrégé; figure 1	1

-/-

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

8 décembre 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/12/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Marani, R

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT 03/02274

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>RENNON S ET AL: "COMPLEX COUPLED DISTRIBUTED-FEEDBACK AND BRAGG-REFLECTOR LASERS FOR MONILITHIC DEVICE INTEGRATION BASED ON FOCUSED-ION-BEAM TECHNOLOGY" IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, US, vol. 7, no. 2, mars 2001 (2001-03), pages 306-311, XP001108223 ISSN: 1077-260X page 306-309; figures 1,8</p>	1
A	<p>WO 01 18919 A (COLDREN LARRY A ;FISH GREGORY (US); UNIV CALIFORNIA (US); MASON TH) 15 mars 2001 (2001-03-15) abrégé; figures 1,2 page 4, ligne 4 -page 6, ligne 8</p>	1-7
A	<p>CA 2 314 406 A (SAJEEV, JOHN (CA); BUSCH, KURT (DE)) 24 janvier 2002 (2002-01-24) abrégé page 25</p>	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 03/02274

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2002098917	A	05-04-2002	AU 9027801 A	08-04-2002
			EP 1321794 A1	25-06-2003
			WO 0227383 A1	04-04-2002
WO 0118919	A	15-03-2001	AU 766362 B2	16-10-2003
			AU 7471300 A	10-04-2001
			CA 2381766 A1	15-03-2001
			CN 1372710 T	02-10-2002
			EP 1218973 A1	03-07-2002
			JP 2003509851 T	11-03-2003
			WO 0118919 A1	15-03-2001
CA 2314406	A	24-01-2002	CA 2314406 A1	24-01-2002